·论著·

基于主成分分析和 TOPSIS 模型的我国各省份医疗水平评价

周洁，胡凌娟*，怀晴雨

【摘要】 **背景** 在新型冠状病毒感染（COVID-19）疫情全国流行期间，我国医疗资源的空间集聚效应凸显，各省份医疗水平存在明显差异，目前，国内学者多运用定量方法对当前全国各省份医疗水平进行评价，应用综合方法评价全国各省份医疗水平者较少。**目的** 了解我国各省份在医疗卫生事业发展水平上的差异，以期为医疗卫生事业决策者提供参考。**方法** 于 2022 年 11 月，计算机检索中国知网、万方数据知识服务平台和 Web of Science 数据库，检索有关医疗水平评价的文献。在借鉴现有研究成果的基础上，选取相对指标和平均指标来构建评价指标体系。以《2022 年中国卫生健康统计年鉴》为数据源，提取 / 计算各评价指标数据。运用主成分分析法和 TOPSIS 模型，对我国 31 个省份（未将香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省纳入统计范畴）的医疗水平进行综合评价。**结果** 共检索出合格文献 6 篇，从医疗资源、医疗服务、医疗保障 3 个方面选取 13 个相对指标和平均指标构建评价体系。*KMO* 值为 0.733，Bartlett′s 球形检验结果显示，χ^2=346.908、*P*<0.001，提示数据适合用于主成分分析；按照特征根 >1.000 的标准可提取 4 个主成分，分别为医疗资源规模和医疗服务质量（*F*1）、医疗机构工作效率（*F*2）、传染病控制能力（*F*3）、其他因素（*F*4），4 个主成分的累积方差贡献率为 84.012%。根据主成分得分系数矩阵建立各主成分线性模型后，基于 4 个主成分的方差贡献率得到可用于评价医疗水平的综合评价模型：$Y=0.439\,85\times Y1+0.158\,54\times Y2+0.154\,40\times Y3+0.087\,34\times Y4$。医疗水平综合得分位列前 3 位的省份分别为北京市（151.908 分）、上海市（124.379 分）、天津市（78.673 分）。TOPSIS 贴近度排名结果显示，北京市和上海市处于靠前水平（贴近度分别为 0.767、0.646），以贴近度 0.400 和 0.200 为节点，可以将 31 个省份分为 3 个梯队，第一梯队有北京市、上海市和天津市 3 个省份，第二梯队有浙江省、四川省等 25 个省份，第三梯队包括河北省、宁夏回族自治区和西藏自治区 3 个省份。**结论** 中国的医疗水平存在明显的省际发展不平衡问题，31 省份医疗水平分布整体呈现“中间大、两头小”的橄榄型结构特征。政府应加大对河北省等医疗水平排名靠后省份的政策倾斜力度，发挥区域卫生规划的统筹协调作用，利用远程医疗和医疗大数据实行定点帮扶。

【关键词】 医疗水平评价；主成分分析法；TOPSIS 模型；中国；评价

【中图分类号】 R 195 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0106

【引用本文】 周洁，胡凌娟，怀晴雨. 基于主成分分析和 TOPSIS 模型的我国各省份医疗水平评价［J］. 中国全科医学，2023.［Epub ahead of print］DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0106.［www.chinagp.net］

ZHOU J，HU L J，HUAI Q Y. Evaluation of medical level in China by provinces based on principal component analysis and TOPSIS model［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］

Evaluation of Medical Level in China by Provinces Based on Principal Component Analysis and TOPSIS Model

ZHOU Jie，HU Lingjuan，HUAI Qingyu*

School of Management，Beijing University of Traditional Chinese Medicine，Beijing 100029，China

*Corresponding author：HU Lingjuan，Associate Professor；E-mail：hulingjuancn@126.com

【Abstract】 **Background** During the nationwide epidemic of COVID-19 infection，the spatial agglomeration of medical resources in China has been highlighted，and there are obvious differences in medical level among provinces. Currently，the evaluation of medical level in China by provinces was mainly conducted by quantitative methods by domestic scholars，while comprehensive method was less applied to evaluate the medical level by provinces. **Objective** To understand the differences in the level of healthcare development in China by provinces，so as to provide a reference for healthcare decision makers. **Methods** In November 2022，CNKI，Wanfang Data Knowledge Service Platform，and Web of Science were searched by computer for the researches in the field of medical level. Based on the existing research results，relative and average indicators were

100029 北京市，北京中医药大学管理学院

*通信作者：胡凌娟，副教授；E-mail：hulingjuancn@126.com

本文数字出版日期：2023-06-29

selected to construct the evaluation index system. The data of each evaluation index was extracted or calculated by using China Health and Health Statistical Yearbook 2022 as the data source. Using the principal component analysis and TOPSIS model, the medical levels of 31 provinces in China (Hong Kong Special Administrative Region, Macao Special Administrative Region and Taiwan Province were not included in the statistics) were comprehensively evaluated. **Results** A total of 6 qualified papers were retrieved and 13 relative and average indicators were selected from three aspects of medical resources, medical services, and medical security to construct the evaluation system. The *KMO* value was 0.733, and Bartlett's spherical test showed that χ^2=346.908, P<0.001, suggesting that the data were suitable for principal component analysis; four principal components were extracted according to the criterion of characteristic root above 1.000, including the scale of medical resources and quality of medical services (*F*1), the efficiency of medical institutions (*F*2), infectious disease control ability (*F*3), and other factors (*F*4), and the cumulative percent variance of the four principal components was 84.012%. After establishing the linear model of each principal component based on the matrix of the principal component scores, the comprehensive evaluation model for the medical level was obtained based on the cumulative percent variance of the four principal components: Y=0.439 85 × Y1+0.158 54 × Y2+0.154 40 × Y3+0.087 34 × Y4. The top three provinces in terms of comprehensive score of medical level were Beijing (151.908 points), Shanghai (124.379 points), and Tianjin (78.673 points). The TOPSIS proximity ranking showed that Beijing and Shanghai were at the top level (proximity was 0.767 and 0.646, respectively), and the 31 provinces could be divided into three echelons with proximity 0.400 and 0.200 as the nodes. The first echelon included three provinces of Beijing, Shanghai and Tianjin, the second echelon included 25 provinces such as Zhejiang Province and Sichuan Province, the third echelon included three provinces of Hebei Province, Ningxia Hui Autonomous Region and Tibet Autonomous Region. **Conclusion** There is an obvious imbalance in the level of medical development in China by provinces, showing an olive-shaped structure of "big in the middle and small at the two ends" in the overall distribution of medical level in 31 provinces. The government should increase the incline degree of policy for provinces with low ranking in medical level, such as Hebei Province, play a coordinating role in regional health planning, and implement targeted assistance by using telemedicine and medical big data.

【**Key words**】 Medical level evaluation; Principal component analysis; TOPSIS model; China; Evaluation

《深化医药卫生体制改革2022年工作重点任务》提出，要深化医药卫生体制改革，促进优质医疗资源扩容和均衡布局[1]。我国医疗资源空间分布不均衡[2]，区域医疗卫生事业发展具有不平衡性（东部地区的医疗水平明显高于西部地区）[3]，因此对各省份医疗水平做出客观评价对于提升医疗卫生服务体系的整体运行效率、区域医疗卫生事业协同发展水平具有重要意义。我国学者针对医疗水平评价开展的综合研究可被分为两类，一类是运用主成分分析法、TOPSIS法和聚类分析法等方法对31个省份的医疗水平进行评价，如郭玉玲等[4]、李季[5]、刘平清等[6]分别于2016、2019、2020年构建指标体系并基于当年《中国卫生统计年鉴》数据对我国各省份医疗水平进行评价；另一类是将主成分分析法、TOPSIS法和聚类分析法结合起来评价区域、医疗机构某一方面或科室的医疗水平，如我国学者已尝试对安徽省[7]、江苏省[8]、河北省[9]的医疗水平进行评价，对某三级甲等医院的医疗质量进行评价[10]，以及对医疗机构外科效益进行评价[11]。上述研究均基于构建的综合评价指标体系评价医疗水平，对于政府部门进一步出台旨在促进医药卫生体制改革顺利推行、推动医疗资源配置均等化、提升人民健康水平的政策法规具有借鉴意义，但是上述研究所采用的数据已不能用于充分地解释我国各省份医疗水平现状，针对特定区域/机构医疗水平的评价结果也不具备外推性。基于《2022年中国卫生健康统计年鉴》，本文采用主成分分析法和TOPSIS模型对全国各省份医疗水平进行统计分析，并根据分析结果做出评价，以期为政府相关部门统筹安排全国医疗资源、科学合理决策提供参考。

1 资料与方法

1.1 对医疗水平的概念界定 国内外学者对医疗水平的定义不同，各定义侧重点也不同。中国政府提出医疗水平为区域性、整体性概念[12]，但是其并未对医疗水平的概念进行详细解释。医疗水平的主体具有多样性，如医生的医疗水平、医疗机构的医疗水平，乃至世界一方（西方）的医疗水平[13]。国内学者很少对医疗水平进行定义，多仅在医疗责任认定过程中对“当时的医疗水平”作出界定。张众等[14]认为，医疗水平可通过医疗机构及其医务人员在诊疗活动中遵守诊疗规范及遵循科学、安全、合理、有效、经济、伦理原则的前提下，为患者提供的与自身能力相适应的医疗服务来体现。在国外研究中，学者在对医疗水平进行界定时主要聚焦健康公平性。Kai Huter认为在公共资源稀缺的背景下，是否将公共卫生领域的资源用于旨在实际减少健康不平等（门诊与住院卫生服务利用不公平、门诊与住院费用不

公平、住院费用补偿不公平等[15-16]）现象的项目是医疗水平评价的重要内容[17]。既往研究虽并未系统性地提出医疗水平的概念，但是根据其研究内容和结果可以总结出医疗水平的评价内容不仅涵盖医疗服务，还应涵盖患者的满意度、医疗工作效率、医疗技术经济效果（投入产出关系），以及医疗的连续性和系统性。

1.2 构建医疗水平的指标体系、明确资料来源 一个能够有效反映医疗水平的指标体系既要具有全面性，又要具有代表性[18]。于2022年11月，以"医疗水平""医疗水平评价"为关键词检索中国知网、万方数据知识服务平台，以"Medical level evaluation" "Medical level"为主题检索Web of Science数据库，获取有关医疗水平评价的文献。检索时限为建库至2022年11月。剔除综述和评论，以及关键词不包含医疗水平或医疗水平评价、内容不涉及评价指标的文献。最终共检索出合格文献6篇[4-9]。6篇文献提及了医疗服务能力方面的评价指标，主要包括病床使用率、病死率等；5篇[ ]文献提及了医疗资源方面的评价指标，主要包括医疗机构数、医院床位数、卫生人员数；3篇[ ]文献提及了医疗保障能力方面的评价指标，主要包括卫生总费用、城乡居民医疗保险参保人数等。为了消除人口数等干扰因素的影响[4]，在借鉴现有研究成果的基础上，从医疗资源、医疗服务能力、医疗保障能力3个方面选取13个相对指标和平均指标来构建评价体系，见表1。从《2022年中国卫生健康统计年鉴》[19]中提取相关指标数据，或利用从《2022年中国卫生健康统计年鉴》中提取的数据对指标进行计算，其中x9基本医疗保险参保率由从《2022年中国卫生健康统计年鉴》中提取的各省份基本医疗保险参保人数除以附表中的各省份人口数得出，其余指标数据直接从《2022年中国卫生健康统计年鉴》中提取。各省份在13个评价指标上的数据见表2。

表1 各省份医疗水平评价指标体系

Table 1 Medical level evaluation index system by provinces

指标
医疗资源指标
x1 每千人口卫生技术人员数（人）
x2 每千人口医疗卫生机构床位数（张）
医疗服务能力指标
x3 医师日均担负诊疗人次（人次）
x4 居民年平均就诊次数（次）
x5 甲乙类法定传染病死亡率（1/10万）
x6 平均住院日（d）
x7 病床使用率（%）
x8 病死率（%）
医疗保障能力指标
x9 基本医疗保险参保率（%）
x10 人均卫生总费用（元）
x11 预期寿命（岁）
x12 住院患者次均医药费（元）
x13 门诊患者次均医药费（元）

1.3 研究方法

1.3.1 主成分分析法 主成分分析法是一种降维算法，通过正交变换，将多个具有一定相关关系的指标转换成主成分，这些主成分是原始变量的线性组合，且彼此之间互不相关。首先，评价指标中的甲乙类法定传染病死亡率、平均住院日和病死率是低优指标，需要先对其进行同趋势化处理。将甲乙类法定传染病死亡率和病死率取倒数后，再乘以100；先将平均住院日取倒数，再乘以1 000，使三者从低优指标变成高优指标。同时为了消除不同指标间的量纲差异，对所有原始数据进行标准化处理[20]。其次，将处理后的数据导入SPSS 26软件，对其进行KMO和Bartlett's球形检验，依据特征值和累积方差贡献率提取主成分，通常选取的前n个主成分若能够反映原始指标信息量的85%，就认为提取的n个主成分可用[5]。最后，建立因子荷载矩阵，解释各个主成分反映的主要信息，依据主成分得分系数矩阵得出各主成分线性模型，将各主成分的方差贡献率作为权重对n个主成分进行加权求和，得到评价各省份医疗水平的综合评价模型，进而计算各省份医疗水平综合得分并依据综合得分对各省份进行排名。

1.3.2 TOPSIS模型 TOPSIS法是一种根据各个评价对象与理想解的接近程度对各评价对象进行排序的方法。基于31个省份在各主成分上的得分形成原始矩阵，将其导入Excel 2016软件，对原始矩阵进行标准化处理，再通过提取每个评价指标的最大值和最小值，计算出各评价对象距离最大值的距离d_i^+和距离最小值的距离d_i^-，最终计算出各个评价对象与最佳对象的距离，即贴近度（S_i值）。S_i取值为0~1，越接近于1，代表评价对象的综合水平越高[6]。

2 结果

2.1 主成分分析结果

2.1.1 *KMO*值及Bartlett's球形检验结果 *KMO*值为0.733，Bartlett's球形检验结果为χ^2=346.908、P<0.001，说明变量间的相关性较强，满足主成分分析的前提条件，可以进行下一步分析。

2.1.2 提取主成分 以特征值>1.000为标准，可提取1~4 4个主成分，4个主成分的累积方差贡献率达到84.012%（表3），即前4个主成分能够用于充分反映全国31省份的医疗水平。

2.1.3 建立因子荷载矩阵 采用最大方差法对初始因子荷载矩阵进行Kaiser标准化正交旋转，依据原始指标在各个主成分上的荷载量大小来判断原始指标归属[7]。x1（每千人口卫生技术人员数）、x2（每千人口医疗卫

表 2 2021 年各省份医疗水平相关指标统计数据

Table 2 Statistics on indicators related to medical level by provinces in 2021

省份	x1 每千人口卫生技术人员数（人）	x2 每千人口医疗卫生机构床位数（张）	x3 医师日均担负诊疗人次（人次）	x4 居民年平均就诊次数（次）	x5 甲乙类法定传染病死亡率（1/10万）	x6 平均住院日（d）	x7 病床使用率（%）	x8 病死率（%）	x9 基本医疗保险参保率（%）	x10 人均卫生总费用（元）	x11 预期寿命（岁）	x12 住院患者次均医药费（元）	x13 门诊患者次均医药费（元）
北京市	13.20	5.95	8.8	10.39	0.62	8.9	73.2	1.00	97.8	13 834.01	82.49	26 254.4	679.8
天津市	8.87	5.00	8.6	7.90	0.39	8.4	68.4	0.65	84.8	6 545.33	81.30	19 976.6	452.4
河北省	7.51	6.11	5.6	5.35	0.32	9.2	68.9	0.40	93.2	4 111.38	77.75	10 853.6	293.3
山西省	8.09	6.58	5.4	3.86	0.40	10.3	67.0	0.25	93.3	4 239.83	77.91	10 127.9	295.2
内蒙古自治区	8.82	6.94	5.3	4.29	0.37	9.4	60.1	0.72	91.0	5 271.21	77.56	9 378.0	307.6
辽宁省	7.90	7.67	5.4	3.96	0.97	10.1	62.7	1.13	91.5	4 486.87	78.68	11 625.6	376.3
吉林省	9.15	7.43	5.3	4.40	0.66	9.9	66.4	1.07	103.7	4 878.73	78.41	12 596.7	323.9
黑龙江省	7.95	8.34	4.5	3.09	0.75	10.8	55.5	1.19	90.5	5 578.38	78.25	11 316.3	318.0
上海市	9.20	6.44	14.7	10.72	0.47	10.0	89.3	1.27	78.1	10 591.59	82.55	22 959.8	436.6
江苏省	8.13	6.45	7.7	6.70	0.39	9.5	77.2	0.20	93.7	5 800.56	79.32	13 034.8	366.3
浙江省	8.85	5.66	10.8	10.26	0.60	8.9	79.9	0.32	85.0	5 909.49	80.19	12 142.5	311.8
安徽省	7.12	6.72	7.0	5.96	0.71	8.9	70.7	0.38	109.7	3 995.66	77.96	8 935.7	292.9
福建省	7.03	5.35	8.4	6.38	0.71	8.7	73.6	0.15	91.7	4 631.96	78.49	10 841.3	319.5
江西省	6.77	6.80	6.5	5.06	1.32	9.0	76.2	0.21	105.8	3 973.35	77.64	9 723.4	309.8
山东省	8.39	6.63	6.2	6.60	0.29	8.8	75.3	0.45	95.4	4 750.85	79.18	11 311.3	306.0
河南省	7.65	7.30	6.1	6.26	1.52	9.4	80.1	0.26	104.7	3 954.93	77.60	9 658.4	237.4
湖北省	7.83	7.44	7.1	5.90	0.89	9.4	78.9	0.38	95.8	5 973.48	78.00	11 224.1	291.8
湖南省	7.64	8.04	5.6	4.55	1.85	9.4	77.6	0.17	101.7	4 331.86	77.88	9 093.3	344.0
广东省	6.88	4.64	9.3	6.44	1.00	8.7	74.3	0.52	86.7	5 602.92	79.31	14 103.8	351.8
广西壮族自治区	7.82	6.33	7.9	5.08	6.98	8.7	81.6	0.34	103.6	3 739.20	78.06	9 385.4	251.3
海南省	7.89	6.02	6.6	4.96	0.69	9.1	68.3	0.27	91.6	5 233.33	79.05	12 449.6	326.0
重庆市	7.68	7.50	8.3	6.03	4.64	9.7	78.2	0.44	101.7	4 860.20	78.56	9 697.6	374.1
四川省	8.04	7.91	8.1	6.53	4.47	10.4	82.2	0.44	102.6	4 830.52	77.79	9 263.3	298.6
贵州省	8.03	7.71	6.0	4.70	4.06	8.3	76.5	0.18	108.9	3 863.05	75.20	6 690.7	275.3
云南省	8.12	7.04	7.6	6.26	4.16	8.7	78.5	0.25	97.7	4 044.74	74.02	7 254.9	246.2
西藏自治区	7.00	5.37	5.3	4.43	0.25	8.2	56.6	0.20	93.7	5 765.42	72.19	8 540.3	268.4
陕西省	9.32	7.20	6.3	4.73	0.67	9.0	72.4	0.32	98.6	5 127.85	77.80	9 159.2	288.6
甘肃省	8.07	7.36	6.1	4.63	0.45	8.5	69.6	0.18	104.0	4 059.58	75.64	7 013.3	227.1
青海省	8.70	7.10	5.6	4.46	0.86	9.0	66.6	0.35	94.8	6 450.25	73.96	9 334.9	254.5
宁夏回族自治区	8.36	5.68	6.6	5.68	0.49	8.4	67.4	0.26	90.9	5 244.28	76.58	8 812.6	255.8
新疆维吾尔自治区	7.74	7.19	6.3	4.05	3.66	8.3	73.6	0.46	89.5	5 841.48	75.65	8 931.8	257.9

注：未将香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省纳入统计范畴

生机构床位数）、x10（人均卫生总费用）、x11（预期寿命）、x12（住院患者次均医药费）、x13（门诊患者次均医药费）6 个指标在第 1 个主成分上的荷载量最大，这 6 个指标主要反映医疗资源规模和医疗服务质量，所以将主成分 F1 称之为医疗资源规模和医疗服务质量。x3（医师日均担负诊疗人次）、x4（居民年平均就诊次数）、x7（病床使用率）在第 2 个主成分上的荷载量最大，这 3 个指标主要反映医疗机构工作效率，所以将主成分 F2 命名为医疗机构工作效率。仅 x5（甲乙类法定传染病死亡率）在第 3 个主成分上的荷载量最大，因此将主成分 F3 命名为传染病控制能力。x6（平均住院日）、x8（病死率）、x9（基本医疗保险参保率）在第 4 个主成分上的荷载量最大，这 3 个变量共线性不显著，所以将主成分 F4 称为其他因素。F1 体现的是医疗资源规模和医疗服务效益，F2 体现的是医疗机构工作效率，F3 和 F4 均包含病死率方面的指标，故 F1、F2 是效益型指标，F3、F4 是成本型指标。

2.1.4 主成分线性模型和医疗水平的综合评价模型的建立 根据主成分得分系数矩阵（表 5），得出各个主成分线性模型：

$Y1=0.398\times x1+0.050\times x2-0.100\times x3+0.064\times x4+0.006\times x5+0.122\times x6-0.091\times x7-0.039\times x8+0.179\times x9+$

表 3　总方差解释情况

Table 3　Explanation of the total variance

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	特征值	方差贡献率（%）	累积方差贡献率（%）	特征值	方差贡献率（%）	累积方差贡献率（%）
1	5.718	43.985	43.985	5.718	43.985	43.985
2	2.061	15.854	59.839	2.061	15.854	59.839
3	2.007	15.440	75.279	2.007	15.440	75.279
4	1.135	8.734	84.012	1.135	8.734	84.012
5	0.617	4.744	88.757	—	—	—
6	0.486	3.737	92.493	—	—	—
7	0.386	2.967	95.461	—	—	—
8	0.201	1.544	97.005	—	—	—
9	0.150	1.150	98.155	—	—	—
10	0.097	0.747	98.903	—	—	—
11	0.065	0.500	99.403	—	—	—
12	0.046	0.353	99.756	—	—	—
13	0.032	0.244	100.000	—	—	—

注：—表示无相应数值。

表 4　旋转后的成分矩阵

Table 4　Component matrix after rotation

指标	*F*1	*F*2	*F*3	*F*4
*x*1	0.927	−0.018	−0.069	−0.031
*x*2	−0.144	−0.257	−0.761	−0.440
*x*3	0.282	0.885	0.254	−0.038
*x*4	0.547	0.735	0.234	0.088
*x*5	0.147	−0.339	0.744	0.104
*x*6	−0.015	0.011	0.171	0.904
*x*7	−0.001	0.894	−0.340	0.073
*x*8	−0.440	0.031	−0.165	0.667
*x*9	−0.136	−0.202	−0.813	0.269
*x*10	0.884	0.211	0.210	−0.057
*x*11	0.537	0.505	0.219	−0.427
*x*12	0.812	0.344	0.347	−0.206
*x*13	0.878	0.198	0.134	−0.160

$0.281\times x10+0.013\times x11+0.174\times x12+0.277\times x13$

$Y2=-0.179\times x1-0.073\times x2+0.353\times x3+0.230\times x4-0.185\times x5-0.030\times x6+0.405\times x7+0.068\times x8-0.079\times x9-0.046\times x10+0.149\times x11+0.015\times x12-0.066\times x13$

$Y3=-0.206\times x1-0.336\times x2+0.087\times x3+0.016\times x4+0.357\times x5+0.008\times x6-0.186\times x7-0.069\times x8-0.432\times x9-0.046\times x10+0.058\times x11+0.054\times x12-0.076\times x13$

$Y4=0.154\times x1-0.222\times x2-0.034\times x3+0.101\times x4+0.036\times x5+0.554\times x6+0.041\times x7+0.359\times x8+0.231\times x9+0.094\times x10-0.216\times x11-0.032\times x12+0.035\times x13$

分别将上述 4 个主成分的方差贡献率作为权重，对 4 个主成分进行加权求和，得到评价各省份医疗水平的综合评价模型：

$Y=0.439\ 85\times F1+0.158\ 54\times F2+0.154\ 40\times F3+0.087\ 34\times F4$

表 5　主成分得分系数矩阵（分）

Table 5　Matrix of principal component score coefficients

指标	*F*1	*F*2	*F*3	*F*4
*x*1	0.398	−0.179	−0.206	0.154
*x*2	0.050	−0.073	−0.336	−0.222
*x*3	−0.100	0.353	0.087	−0.034
*x*4	0.064	0.230	0.016	0.101
*x*5	0.006	−0.185	0.357	0.036
*x*6	0.122	−0.030	0.008	0.554
*x*7	−0.091	0.405	−0.186	0.041
*x*8	−0.039	0.068	−0.069	0.359
*x*9	0.179	−0.079	−0.432	0.231
*x*10	0.281	−0.065	−0.046	0.094
*x*11	0.013	0.149	0.058	−0.216
*x*12	0.174	0.015	0.054	−0.032
*x*13	0.277	−0.066	−0.076	0.035

2.1.5　各省份医疗水平综合得分及排名　将经标准化处理的数据代入综合评价模型，计算得到各省份医疗水平综合得分（表 6）。综合得分位列前 3 位的省份分别为北京市（151.908 分）、上海市（124.379 分）、天津市（78.673 分）；综合得分位列后 3 位的省份分别为黑龙江省（−38.368 分）、甘肃省（−39.934 分）、贵州省（−45.811 分）。

2.2　TOPSIS 分析结果　以主成分分析中各主成分的方差贡献率作为权重，构建加权标准化矩阵，最终得出最优值、最劣值和 S_i 值，见表 7。S_i 值排名结果显示，北京市和上海市处于靠前水平（Si 值分别为 0.767、0.646），以 S_i 值 0.400 和 0.200 为节点，可以将 31 个省份分为 3 个梯队，第一梯队有北京市、上海市和天津市 3 个省份，第二梯队有浙江省、四川省等 25 个省份，第三梯队包括河北省、宁夏回族自治区和西藏自治区 3 个省份。

3　讨论

3.1　采用主成分分析和 TOPSIS 模型相结合的方法评价各省份医疗水平更加科学、合理，但是也有一定的局限性　可用于我国医疗水平评价的方法较多，包括 TOPSIS 法、层次分析法、德尔菲法、主成分分析法和综合指数法等。实现对医疗水平的评价需要 1 个综合的指标体系，只基于单一指标来评价医疗水平过于片面。考虑到在 1 个综合的指标体系中，评价指标之间可能会发生相互作用，若未采用主成分分析法（主成分分析法可以将多个相互之间有关联的指标通过一定的数学运算转换成互相独立的几个主成分[10]），评价指标间的交互作用可导致评价结果客观性和真实性降低。本研究

表 6 各省市医疗水平综合得分与排名

Table 6 Comprehensive score and ranking of medical level by provinces

省份	Y1（分）	Y2（分）	Y3（分）	Y4（分）	Y（分）	综合得分排名
北京市	2.644	1.654	1.093	-0.858	151.908	1
上海市	1.681	2.587	1.394	-1.384	124.379	2
天津市	1.007	0.827	1.443	-0.116	78.673	3
浙江省	0.536	1.355	0.812	0.057	58.074	4
广东省	0.215	0.772	0.850	0.107	35.749	5
江苏省	0.201	0.401	0.329	0.014	20.413	6
山东省	0.101	-0.043	0.403	0.068	10.570	7
福建省	-0.237	0.394	0.366	0.857	8.948	8
海南省	-0.011	-0.085	0.295	0.034	3.020	9
宁夏回族自治区	-0.208	-0.312	0.405	0.747	-1.306	10
湖北省	-0.051	0.184	-0.289	-0.293	-6.333	11
河北省	-0.198	-0.454	0.438	0.042	-8.795	12
重庆市	-0.028	0.358	-0.603	-0.501	-9.242	13
陕西省	-0.079	-0.322	-0.318	0.056	-13.012	14
内蒙古自治区	-0.019	-0.870	0.299	-0.416	-13.650	15
广西壮族自治区	-0.362	0.266	-0.555	0.390	-16.872	16
吉林省	0.095	-0.589	-0.380	-0.751	-17.594	17
四川省	-0.136	0.366	-0.852	-0.706	-19.477	18
新疆维吾尔自治区	-0.352	-0.310	-0.275	0.306	-21.960	19
辽宁省	-0.016	-0.604	-0.146	-1.080	-21.978	20
西藏省	-0.573	-1.277	0.708	1.412	-22.181	21
安徽省	-0.347	-0.224	-0.432	0.276	-23.078	22
山西省	-0.283	-0.660	0.070	-0.341	-24.799	23
青海省	-0.265	-0.734	-0.273	0.218	-25.580	24
云南省	-0.515	-0.022	-0.629	0.656	-26.987	25
江西省	-0.496	-0.114	-0.612	0.445	-29.162	26
河南省	-0.434	0.000	-0.771	0.111	-30.022	27
湖南省	-0.430	-0.231	-0.909	0.120	-35.591	28
黑龙江省	-0.113	-1.104	-0.225	-1.421	-38.368	29
甘肃省	-0.647	-0.755	-0.499	0.938	-39.934	30
贵州省	-0.679	-0.456	-1.137	1.013	-45.811	31

表 7 基于 TOPSIS 模型的各省份医疗水平评价的 Si 值及排名

Table 7 Si value and ranking of medical level evaluation by provinces based on TOPSIS model

省份	距离最优值的距离（d_i^+ 值）	距离最劣值的距离（d_i^- 值）	S_i 值	S_i 值排名
北京市	0.140	0.462	0.767	1
上海市	0.198	0.361	0.646	2
天津市	0.279	0.244	0.467	3
浙江省	0.310	0.202	0.394	4
四川省	0.380	0.181	0.323	5
重庆市	0.368	0.174	0.322	6
吉林省	0.365	0.166	0.313	7
江苏省	0.350	0.157	0.310	8
广东省	0.354	0.155	0.304	9
湖北省	0.375	0.155	0.292	10
辽宁省	0.380	0.153	0.287	11
黑龙江省	0.399	0.152	0.277	12
陕西省	0.386	0.144	0.272	13
山东省	0.368	0.137	0.271	14
湖南省	0.426	0.156	0.268	15
河南省	0.424	0.152	0.263	16
广西壮族自治区	0.414	0.145	0.259	17
贵州省	0.463	0.159	0.255	18
海南省	0.381	0.129	0.254	19
内蒙古自治区	0.391	0.126	0.243	20
安徽省	0.418	0.133	0.241	21
江西省	0.435	0.137	0.240	22
云南省	0.437	0.138	0.240	23
青海省	0.415	0.124	0.230	24
新疆维吾尔自治区	0.421	0.123	0.227	25
福建省	0.408	0.112	0.215	26
山西省	0.417	0.114	0.215	27
甘肃省	0.464	0.119	0.204	28
河北省	0.410	0.103	0.201	29
宁夏回族自治区	0.412	0.099	0.193	30
西藏自治区	0.476	0.046	0.088	31

注：S_i 值 = 贴近度。

中，提取出的 4 个主成分替代了原始的 13 个评价指标，4 个主成分的累积方差贡献率达 84.012%，提示 4 个主成分能够反映原始指标的大部分信息，主成分分析的结果具有全面性。将各主成分的方差贡献率作为权重进行 TOPSIS 分析，计算各评价对象距离最优解和最劣解的距离，最终得出各省份医疗水平的综合排名；采用此方法可避免人为确定权重，且此方法有较好的数学理论基础，保证了评价结果的客观性。刘平清等[6]曾采用主成分分析法和 TOPSIS 模型相结合的方法评价我国整体医疗水平，但其评价我国医疗水平时只基于少量卫生资源和门、急诊卫生服务利用方面的指标，且指标数据来源于《2018 年中国卫生健康统计年鉴》，故研究结果对于目前相关部门做出决策参考意义不大。本研究在借鉴现有研究成果的基础上，将符合我国当前国情的“甲乙类法定传染病死亡率”这一指标纳入指标体系，构建了科学、合理、完整的评价指标体系，并将主成分分析法和 TOPSIS 模型结合起来综合评价各省份的医疗水平。主成分分析法和 TOPSIS 模型对数据的分布无要求，能够消除量纲和数量级对评价结果的影响，可使评价结果具有全面性、客观性，被广泛应用于医疗水平评价、医疗质量评价等领域[11]。

主成分分析法作为近年来得到较为广泛应用的综合评价方法，利用较少的变量对原来资料中的大部分变异进行解释，但是由于 31 个省份的区域卫生规划目标、卫生事业发展目标不同，各省份人民群众的健康需求也

不尽相同，如北京市和上海市拥有较为发达的医疗系统，当地居民不仅要求基本医疗需求得到满足，还对诊疗质量提出了较高的要求，而西藏自治区为经济欠发达地区，现阶段在工作任务上侧重于基层医疗体系建设，也出台了相应的政策促进民族医药的发展，所以仅基于一套指标体系来评价 31 个省份的医疗水平具有一定的不合理性。在评价各省份医疗水平时，除了采用主成分分析、TOPSIS 模型等综合评价方法之外，还应当结合各省份的实际情况，从而保证评价结果和提出的相应建议更加科学、合理。

3.2　梯队的医疗水平与其经济发展水平相对应　从分析结果来看，中国的医疗水平存在明显的省际发展不平衡问题，与中国 31 省份当前经济发展水平分布结构特征[21]相一致，31 省份医疗水平分布整体呈现“中间大、两头小”的橄榄型结构特征。S_i 值位居前 3 位的省份依次为北京市、上海市、天津市，其 S_i 值均大于 0.400，为第一梯队，此 3 省份均为我国经济发展水平排名靠前的省份，医疗水平也相应较高[6]。北京市和上海市作为我国的政治和经济中心，拥有大量优质医疗资源，大量高水平医务人员聚集在此，所辖部分医疗机构代表了中国医疗的最高水平。从单个指标来看，北京 Y1 得分最高，这可能与其每千人口卫生技术人员数最多有关。天津市的医疗水平也位于前沿，这与其独特的地理位置及经济发展水平较高密切相关。天津市在 Y3 上的得分排名靠前，可能与其在新型冠状病毒感染疫情防控工作中表现较为优秀有关。天津市面对突发疫情反应迅速，率先采用中医疗法应对新型冠状病毒感染疫情，有效降低了新型冠状病毒感染患者的病死率[22]。另外，大量外省份患者选择至北京市、上海市、天津市等省份的医疗机构就医，但异地就医导致的各省份居民年平均就诊次数变化相关数据在统计年鉴中并未被单独列出，这可能会对本研究的结论产生一定影响。异地就医导致的各省份居民年平均就诊次数变化对各省份医疗水平排名的影响有待进一步研讨。

S_i 值位居后 3 位的省份依次为河北省、宁夏回族自治区、西藏自治区，其 S_i 值均低于 0.200，属于第三阶队，三者均有各自的优点和缺点：旨在推进少数民族医药传承创新、应用发展和人才培养的政策向宁夏回族自治区和西藏自治区倾斜[23]，河北省依托京津冀一体化战略正在与京津加强医学科研合作、人才交流。据中央人民政府在 2023 年 2 月发布的 31 个省份 2022 年地区生产总值，这 3 个省份中，河北省地区生产总值达 4 万亿元级，排名 12，在全国处于中等水平，但是其医疗水平却排在倒数，可见经济水平高的地区医疗水平也高的结论不具有完全正确性，还应根据实际情况作进一步讨论。河北省医疗水平排在倒数第 3，尤其是在 *Y1* 和 *Y2* 上的得分很低，表明河北省的医疗资源规模和医疗服务效益、医疗机构工作效率都低于一般水平，有可能与河北省对自身医疗卫生事业投入不足有关。河北省三级甲等医院数量较少，将较多的医疗资源集中投放到经济发展水平较高的城市，医疗基础设施在全省范围内布局不均衡，且受京津冀一体化战略的影响，当地居民更偏向前往北京市和天津市获取医疗服务。因此，河北省应通过加大对卫生健康领域的财政投入力度、吸引人才、创新管理模式等来改善医疗环境、提高医疗服务质量。西藏自治区和宁夏回族自治区因其地理环境和历史文化的特殊性，医疗水平低于其他省份，但根本原因还是经济落后，医疗资源不足，医疗基础设施不完善，民族医药因发展受限无法最大程度发挥作用。

排名位于中间的多个省份在综合评价中表现突出，属于第二梯队，其中广东省和江苏省的医疗水平总体较好，这离不开长期积累的优质医疗资源和较高的经济水平的支撑，但其医疗水平仍有提升空间。山东省 *Y2* 得分为 –0.04，提示山东省医疗机构工作效率较低，并且山东省医师日均担负诊疗人次与甘肃省相当，究其原因，一方面可能是山东省人口众多，省内各城市间的经济发展水平差距大，优质医疗资源过度集中在经济发达城市；另一方面可能是每千人口卫生技术人员较多有助于减轻医师的工作压力。

3.3　建议处于不同梯队的省份选择适合自己发展的路径　根据上述分析结果，本研究提出以下 3 点建议：第一，中国的医疗水平存在明显的省际发展不平衡问题，应进一步缩小省际医疗水平差距。因此，国家需要加大对经济欠发达地区的财政投入力度，将资金和政策向欠发达地区倾斜，促进其经济发展。同时也要继续发挥政府在医疗资源配置中的主导作用，通过定点帮扶，使医疗资源更多地流向欠发达地区，更好地提升欠发达地区医疗水平，提高当地居民健康水平。第二，第一梯队的省份医疗水平较高，应持续推进医疗水平高质量发展。因此，医疗水平较高的地区应发挥自身优势，提升医疗机构工作效率，依托远程医疗、医疗大数据等发挥自身辐射效应，带动区域医疗水平整体进步。处于第二梯队的各个省份在保持现有医疗水平的基础上，要根据区域卫生规划目标，分析当前区域医疗卫生事业发展的优势和不足，注重区域医疗卫生事业发展的协同性，通过让省份内发达地区带动欠发达地区，提高全省医疗水平。第三，第三梯队的省份医疗水平落后，应从多方面着手提高其医疗水平。国家需要加强对第三阶梯省份的政策倾斜，加快农村医疗体系建设，促进优质医疗资源均衡布局、完善分级诊疗制度。就河北省而言，要发挥北京市和天津市对河北省的辐射效应，深入推动京津冀一体化发展；在促进河北省经济发展的同时，要推进河北省

医药卫生体制改革和医疗卫生事业发展进程。就宁夏回族自治区和西藏自治区来说，国家不仅应加大对其的财政投入、鼓励卫生技术人员至当地执业、帮助其完善医疗基础设施，还应加快实施卫生健康对口支援、健康扶贫工程，进而防止当地居民因病致贫、返贫，从根源上提升欠发达地区医疗水平。

本研究基于构建的评价指标体系对中国各省份的医疗水平做出了评价并进行了分析，但仍存在不足之处。异地就医导致指标的客观性、评价结果的全面性受到一定影响。同时研究者仅基于主成分分析法和 TOPSIS 模型评价各省份的医疗水平，而两种方法均有各自的局限性，一定程度上会对实证分析结果的说服力造成不利影响。

作者贡献：周洁负责提出研究理念，统计学分析，撰写论文；胡凌娟负责提供思路指导、提出修改意见；怀晴雨负责收集数据。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 国务院办公厅. 关于印发深化医药卫生体制改革 2022 年重点工作任务的通知[EB/OL].（2022-05-25）[2022-11-06]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/25/content_5692209.htm.

[2] WAN S，CHEN Y，XIAO Y，et al. Spatial analysis and evaluation of medical resource allocation in China based on geographic big data[J]. BMC health services research，2021，21（1）：1-18. DOI：10.1186/s12913-021-07119-3.

[3] 宋佳欣，赵文英，祖培福. 改进 TOPSIS 法在我国各省医疗卫生水平综合评价中的应用[J]. 黑龙江科学，2021，12（18）：151-153，156. DOI：10.3969/j.issn.1674-8646.2021.18.062.

[4] 郭玉玲，刘钦普. 中国医疗卫生发展水平区域差异综合评价[J]. 中国卫生统计，2016，33（2）：251-253.

[5] 李季. 基于主成分分析和聚类分析的各地区医疗水平状况研究[J]. 软件，2020，41（6）：242-246. DOI：10.3969/j.issn.1003-6970.2020.06.050.

[6] 刘平清，朱桂玲，张慧愿. 基于因子分析与 TOPSIS 模型的医疗水平综合评价[J]. 电脑知识与技术，2020，16（29）：10-12. DOI：10.14004/j.cnki.ckt.2020.3255.

[7] 孟婷，王祎辉，朱家明. 基于因子分析对安徽省医疗卫生服务水平的综合评价研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报，2020，36（3）：87-94.

[8] 黄子泓，林秋. 基于主成分分析的江苏省城市医疗水平评价[J]. 高师理科学刊，2019，39（10）：33-36. DOI：10.3969/j.issn.1007-9831.2019.10.009.

[9] 吴祎帆. 河北省各城市医疗卫生服务水平的评价与分析[D]. 石家庄：河北大学，2019.

[10] 娄苗苗，黄陆光，杨艳华，等. 基于主成分分析综合评价某三甲医院医疗质量[J]. 中国卫生统计，2021，38（4）：539-541. DOI：10.3969/j.issn.1002-3674.2021.04.014.

[11] 李斌，程霓虹，涂西林，等. 运用 SPSS 中主成分分析法评价外科效益[J]. 中国卫生统计，2010，27（3）：313-314，316. DOI：10.3969/j.issn.1002-3674.2010.03.035.

[12] 国家卫生健康委，国家中医药管理局. 关于印发公立医院高质量发展促进行动（2021—2025 年）的通知[EB/OL].（2021-09-14）[2023-01-10]. http：//www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5618942.htm.

[13] 孙健，文秋林. 竞争战略视角下的医院战略管理[J]. 卫生软科学，2016，30（3）：146-147，160. DOI：10.3969/j.issn.1003-2800.2016.03.006.

[14] 张众，鲍海红. 以医学视角解读《民法典》中“医疗水平”之内涵[J]. 医院管理论坛，2022，39（5）：8-11. DOI：10.3969/j.issn.1671-9069.2022.05.002.

[15] MAO Y，XU F，ZHANG M J，et al. Equity of health service utilization of urban residents：data from a western Chinese city[J]. Chin Med J（Engl），2013，126（13）：2510-2516.

[16] SUN X，ZHANG H，HU X，et al. Measurement and analysis of equity in health：a case study conducted in Zhejiang Province，China[J]. Int J Equity Health，2018，17（1）：36. DOI：10.1186/s12939-018-0746-8.

[17] LORENC T，PETTICREW M，WELCH V，et al. What types of interventions generate inequalities? Evidence from systematic reviews[J]. Journal of Epidemiology and Community Health，2012，67（2）：190. DOI：10.1136/jech-2012-201257.

[18] 王璐，庞皓. 综合评价中的指标选择方法[J]. 统计与决策，2007，23（1）：58-59. DOI：10.3969/j.issn.1002-6487.2007.01.031.

[19] 国家卫生健康委员会. 2022 中国卫生统计年鉴[M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2022：1-146.

[20] 沈思瑜，邰蕾蕾，荆巧玉. 基于主成分分析法的我国卫生总费用影响因素分析[J]. 中国物价，2022，34（7）：67-70.

[21] 王元，孔伟艳. 未来 30 年中国社会发展趋势及促进共享发展的建议[J]. 宏观经济研究，2019，39（5）：5-19，32. DOI：10.16304/j.cnki.11-3952/f.2019.05.002.

[22] 白佳丽，张建新. 天津：中医药深度介入防控治疗康复全程[N]. 经济参考报，2022-04-06（006）.

[23]《中华人民共和国中医药法》[A/OL].（2016-12-26）[2023-06-09]. http://www.natcm.gov.cn/fajiansi/zhengcewenjian/2018-03-24/2249.html.

（收稿日期：2023-02-27；修回日期：2023-06-10）

（本文编辑：陈俊杉）